

# Metodología para análisis de evaluación financiera de tecnologías forrajeras



## **Resumen**

Este reporte presenta los resultados de la metodología desarrollada y propuesta para la evaluación de tecnologías forrajeras, como herramienta para pronosticar si una tecnología puede aportar algo a los objetivos del ganadero, entendiéndose este aporte como el retorno económico por el uso de sus recursos. Los resultados de estos estudios permiten, en primer lugar a los investigadores decidir sobre el continuar con uno u otro material o sistema, facilitando la maximización de los recursos de investigación; y, por otro lado, es una herramienta para la toma de decisiones económicas y la adopción de las mismas a nivel de productor primario.

**Palabras claves:** Forrajes, ganadería, rentabilidad, análisis económico

### **1. Introducción**

En Colombia la ganadería constituye una de las principales actividades productivas del país y con mayor presencia en el sector rural. Su importancia económica radica en que ocupa una fracción muy significativa del uso del suelo (80% del total de uso agropecuario), contribuye a la oferta total de alimentos y es una fuente de generación de ingresos (53% en el PIB pecuario, el 19.8% en el PIB agropecuario, el 1,3% del PIB nacional) y empleo en el país (7% del total nacional y 25% del total rural) (FEDEGAN, 2014).

La producción ganadera es manejada en un 81,4% por pequeños ganaderos (con menos de 50 animales) bajo sistemas de producción extensivos (FEDEGAN, 2014). Estos sistemas están caracterizados por bajos niveles de productividad, baja eficiencia en el uso del suelo, bajos niveles de inversión, fuerte dependencia de las condiciones climáticas, y un gran deterioro ambiental a causa de problemas como la deforestación, las quemas, la emisión de gases efecto invernadero-GEI, la degradación del suelo y del agua, y la reducción de la biodiversidad (Bacab, Madera, Solorio, Vera, & Marrufo, 2013; FEDEGAN, 2014). Los anteriores problemas están relacionados con la baja calidad nutricional y oferta forrajera en muchas regiones del país, principalmente por el uso de pasturas nativas/naturalizadas y pasturas degradadas (FEDEGAN, 2014).

No obstante, el sector ganadero tiene un gran potencial de mitigar dichos impactos, aumentar los indicadores de productividad y adaptarse a los efectos del cambio

climático, mediante la adopción de prácticas y tecnologías de producción más sostenibles (Gerber et al., 2013; Peters et al., 2012). Dentro de estas opciones tecnológicas se encuentran los sistemas silvopastoriles (SSP) y las pasturas mejoradas, las cuales representan una mejor opción que los sistemas tradicionales desde el punto de vista de productividad, contribución a la conservación de los recursos naturales y bienestar de las familias ganaderas (Murgueitio 1999, Pomareda 2000, citado por Lemus de Jesus, 2008)

En particular, en términos de productividad y rentabilidad de la producción ganadera, la adopción de las anteriores tecnologías ha demostrado importantes beneficios. Las mejoras provienen de: reducción de los costos de producción, mayores tasas de carga, mayor productividad animal por unidad de área, liberación de tierras de pastoreo para usos alternativos, importantes aumentos de ingresos netos y mejores indicadores financieros (Holmann, Argel, & Pérez, 2008). Además, el uso de los árboles en los sistemas ganaderos proporciona ventajas con los resultados en la productividad, tales como: sombra, regulación del microclima, estabilización de suelos, fijación de nitrógeno, enriquecimiento y reciclaje de nutrientes, hábitat para la fauna y generación de nutrientes y productos secundarios (forraje, madera, leña, frutos y semilla) (Ojeda, Restrepo, Villada, & Cesáreo, 2003).

No obstante, la adopción de las anteriores tecnologías representa un proyecto de inversión individual para cada productor, por ello, una condición básica para el éxito de su adopción es su sustentabilidad privada, donde además del rendimiento técnico de la alternativa depende el costos de los factores e insumos involucrados y el precio del bien final (Roura & Cepeda, 1999). En este sentido, es importante desarrollar una evaluación económica que permita generar información acerca de la viabilidad y la rentabilidad que puede tener una nueva tecnología al productor primario.

## **2. Materiales y Métodos**

En el presente documento se describirá una metodología sencilla y probada para construir modelos de evaluación económica de decisiones que incorporen la componente del riesgo e incertidumbre, con el fin de mejorar el proceso decisorio. En general, la metodología se basa en un modelo de flujo de caja libre descontado, la obtención de los indicadores tradicionales de rentabilidad, y un análisis que se basa en simulación Montecarlo, para considerar el nivel de riesgo de las variables críticas del modelo. A continuación se describe un paso a paso de la metodología,

desde la definición y formulación del problema hasta la presentación de los resultados.

## **2.1. Definición y formulación del problema**

Esta hace referencia al objeto central del análisis que es valorar la factibilidad de una cierta decisión, para lo cual es necesario una definición clara y correcta del problema que se pretende evaluar. Es decir, en última instancia, en dar respuesta y establecer la relación entre estas dos preguntas: ¿Cuál es el Proyecto? ¿Cuál es el Problema?. Estas preguntas nos obligan a responder lo siguiente: a). qué busca el proyecto (sus objetivos) b). Por qué persigue esos objetivos (la justificación del proyecto) y, por lo tanto, c). El problema a resolver (Roura & Cepeda, 1999).

Lo anterior nos lleva a realizar un diagnóstico completo de la situación actual sin la tecnología y del escenario con la adopción de la misma— problema específico (p.e. Estacionalidad de las pasturas y de su aporte de nutrimentos), posibles soluciones (p.e. Adopción de forrajes mejorados, establecimiento de bancos de forraje para época seca), características de la zona específica de estudio, recursos de la zona de estudio (p.e. calidad de la tierra, disponibilidad de agua, régimen de lluvias, temperatura, etc.), sistema de producción, precios y cantidades relevantes a nivel de productor, etc. Adicionalmente, el diagnóstico permite identificar los márgenes de confiabilidad del estudio: cuanto más pobre es un diagnóstico (por falta de datos, dificultades técnicas, etc.), más limitado es el estudio del proyecto (Roura & Cepeda, 1999). El diagnóstico nos permitirá comparar los dos escenarios: situación “con” tecnología y situación “sin” tecnología.

A continuación se presenta un diagrama general donde se descompone la evaluación económica de una inversión en sus elementos claves, con el propósito de identificar visualmente las posibles fuentes de incertidumbre, necesidades de recolección de **información** y tareas críticas.

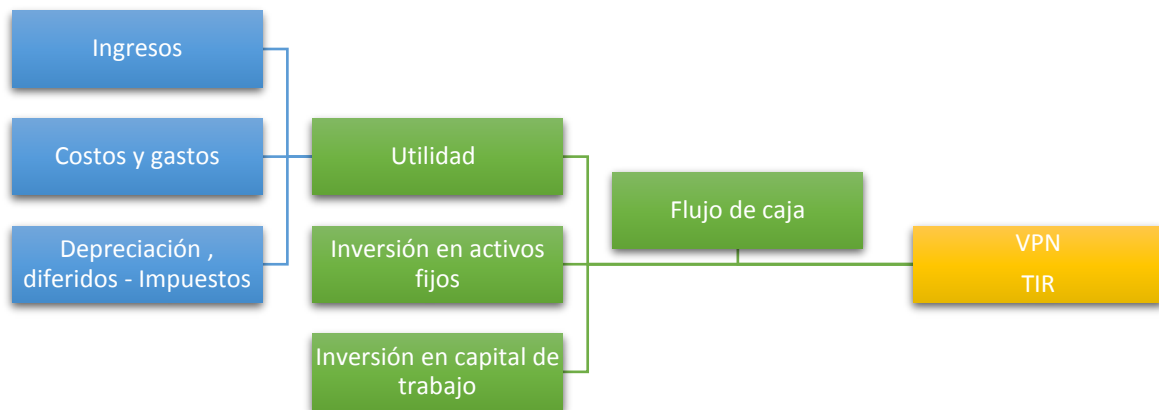


Figura 1. Diagrama inicial de influencia para el análisis de un proyecto de inversión (Fuente: Manotas Duque, 2013)

## 2.2. Recolección de información

El principal objetivo de la fase de recolección de información es definir los posibles valores rango para las variables claves del proyecto, e identificar además la incertidumbre en torno a ellas. Para ello, es necesario, según la información requerida, determinar qué información está disponible y cuál es necesaria levantar en campo. Recordemos que la mayor cantidad y calidad de la información reduce los niveles de incertidumbre.

La recopilación de información es un proceso continuo durante toda la evaluación y debe acudir tanto a fuentes primarias y secundarias, de tipo cualitativo y cuantitativo. En el caso particular de las tecnologías forrajeras, la información productiva depende principalmente de los resultados de mediciones en campo realizados por el equipo técnico en la zona específica de estudio o en otras zonas con características similares donde se puedan extrapolar los datos.

Para información de precios de insumos, productos y jornales se pueden consultar a nivel nacional en el Sistema de Información de Precios y Abastecimiento del Sector Agropecuario (SIPSA), y en la página de FEDEGAN. Esta información se puede validar directamente en las tiendas agropecuarias de la zona específica y con el productor primario. Cabe resaltar que se debe tener en cuenta el efecto de las condiciones de mercado sobre los precios y la demanda, por lo cual se debe valorar la producción promedio a precios promedio del periodo definido, para evitar el efecto mercado de los ingresos (Roura & Cepeda, 1999). Es por este motivo que los

precios y la producción deben reflejar las condiciones “normales”, para evitar el sobre o subvaluación de los beneficios del proyecto.

Durante este proceso también es necesario recopilar información sobre la situación que rige actualmente en la zona del proyecto, es decir, aquella que seguiría existiendo sin la tecnología. Es este aspecto es clave el conocimiento del productor primario del área específica. Si el productor es organizado se podrá tener datos de registros productivos, costos y ventas, o al menos información cualitativa clave para comprender la situación actual.

### **2.3. Determinación y valoración de costos y beneficios relevantes**

La identificación y valoración de los costos, inversiones y beneficios constituye uno de los aspectos más importante durante la evaluación económica. Lo cual depende, en primer lugar, del enfoque desde el cual se realiza el análisis, estos son desde un punto de vista social o un punto de vista privado (intereses del inversor).

Como se mencionó al inicio de este documento, se presenta el proceso metodológico que permita evaluar la rentabilidad de proyectos según el punto de vista del inversor, en este caso el productor primario. Por tanto, se contabilizan exclusivamente los costos y beneficios apropiables por el productor, es decir, que se reflejen en los ingresos y egresos monetarios y esté relacionado directamente con la adopción de la nueva tecnología.

#### **- Costos**

La medición y valorización de los costos está relacionada generalmente con el proceso de valoración de las inversiones, emergentes del diseño técnico y la estimación de los costos de mantenimiento y operación. La valorización se realiza mediante la aplicación de los precios de mercado y se concentra en los costos económicos y los costos efectivamente desembolsados (Ver figura 2).





Figura 2. Costos de inversión, mantenimiento y operación de tecnologías forrajeras

#### - Ingresos

Para determinar los ingresos asociados a la adopción de una determinada pastura, es necesario tener en cuenta: Venta de los bienes que genera el proyecto: asociado a una mayor producción pecuaria dada las mejoras introducidas, o mejores precios motivados por una producción de mejor calidad; y el ahorro de costos derivados de las técnicas introducidas por el proyecto, (v.g., mayor eficiencia en el uso de fertilizantes), etc.

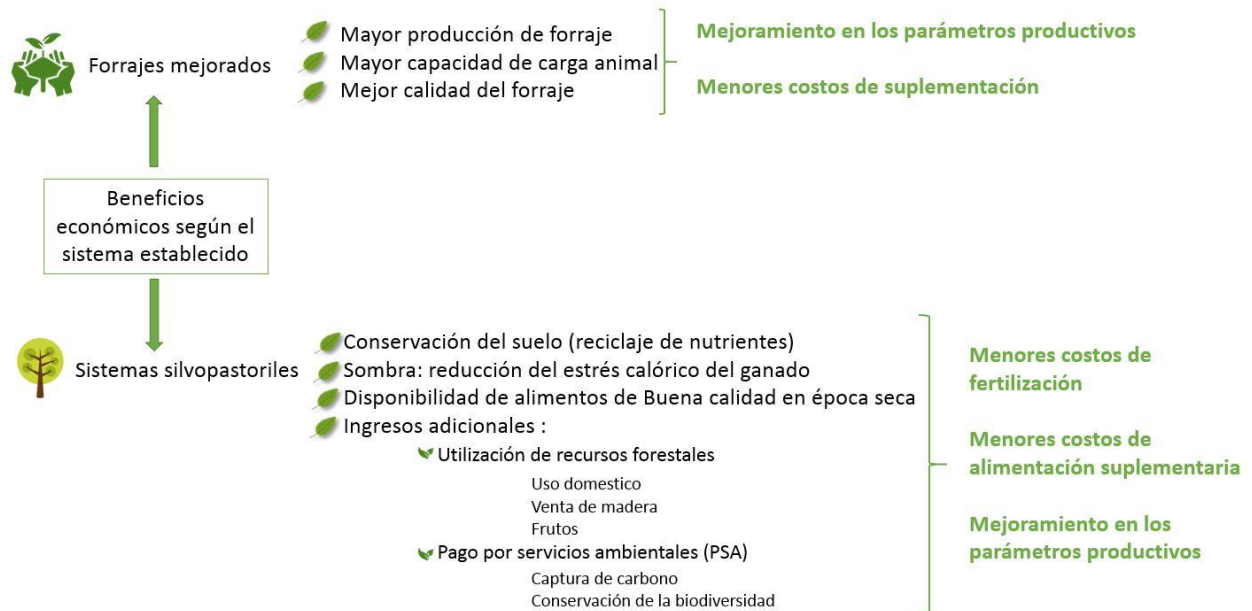


Figura 3. Beneficios de la adopción de forrajes mejorados o sistemas silvopastoriles (SSP)

Para medir la producción pecuaria, se utilizará la variable de productividad animal (medido en kg/ha/año), la cual determina principalmente la calidad y el valor económico de una pastura (Gutiérrez, 1996; Ibrahim, 2006). En general se utiliza un promedio de la productividad de la pastura a lo largo del horizonte de evaluación de la misma, no obstante, la productividad de la pastura no es persistente en el tiempo, dada una pérdida de la capacidad productiva, consecuencia de la degradación de la pradera que afecta directamente los rendimientos de carne y /o leche (Rincón et al., 2010). Esta pérdida de la capacidad productiva se debe a diversos factores, los cuales se pueden agrupar en sentido amplio en aquellos que pueden ser manejados o controlados por el productor (carga animal, sistema de pastoreo y aplicación de fertilizantes), y en aquellos en los que no puede intervenir (factores ambientales)(Jones, 1986). Por lo cual es necesario considerar la evolución de la productividad de la pastura en el tiempo, para evitar sobreestimar el retorno y por tanto llevar a resultados económicos inexactos.

## 2.4. Construcción del Flujo de Caja Neto

Es una metodología para ordenar y sintetizar la secuencia de beneficios, costos e inversiones del problema y el proyecto. Relaciona éstos con el momento en que se producen, y permite, en consecuencia, establecer en qué momento el proyecto



demandará o generará recursos (Roura & Cepeda, 1999). Esta metodología es una herramienta clave porque permite comparar entre costos y beneficios de un proyecto, además de agregar el factor temporal, el cual es otro elemento clave a tener en cuenta en la decisión.

Para comparar los escenarios: situación “con” y “sin” tecnología se deben tener en cuenta solo aquellos beneficios y costos relevantes del proyecto, estos son los rubros diferenciales o incrementales entre ambos escenarios. Esto puede ser mostrado de dos formas. La primera es realizar un flujo de beneficios netos considerando sólo los costos y beneficios incrementales. La segunda, es realizar un flujo que presenta la situación “sin” tecnología y “con” la tecnología, y compararlos. Los valores de las variables para la construcción de este flujo se realizan con los valores esperados o más probables que pueden tomar.

### **Elementos del Flujo de Caja**

- **Inversión inicial.** Inversión en capital (fijo, intangibles, capital de trabajo), antes y durante la operación.
- **Egresos e ingresos.** Ingresos brutos, reducción de costos, gastos de operación y mantenimiento, pago de intereses, impuestos.
- **Depreciación y amortización.** No constituye movimiento de efectivo, sin embargo, se registra en el flujo de caja como gastos deducibles para propósitos de determinar los impuestos a pagar.
- **Horizonte de evaluación.** Es el periodo durante el cual los efectos económicos de la inversión serán evaluados. Este debe ser un período lo suficientemente extenso como para cubrir las consecuencias relevantes de la decisión. La determinación del horizonte de evaluación se realiza principalmente de acuerdo a la vida útil de los activos más relevantes, aunque también se pueden tomar valores de referencia como son 10 años es el horizonte de tiempo más utilizado y 5 años es el horizonte mínimo, o venir determinado por consideraciones de carácter jurídico o administrativo. En particular para la inversión en pasturas mejoradas, el periodo de evaluación podría estar dado por la vida productiva de las mismas (Holmann & Estrada, 1997).
- **Impuestos causados y pagados.** Impuestos sobre la renta
- **Valor de rescate.** Es el valor que podría tener el proyecto durante su operación o al final de la vida útil.
- **Amortización pastura:** al ser considerado como una inversión, su costo debe imputarse durante todos los años de vida útil de la misma. (Para el cálculo del coste de amortización, como forma de contabilizar la depreciación

de la plantación, se aplicará cualquiera de los métodos conocidos, siendo el más común el de las cuotas constantes, sin más que dividir el citado valor por el número de años de vida de la misma)

- **Renta de la tierra:** Se entiende este concepto, como un coste de oportunidad para el ganadero. Vendrá dado por los valores más comunes de arrendamiento de la propiedad en el mercado.

### **Estructura del modelo de Flujo de caja libre (FCL)**

Las ecuaciones generales del modelo se presentan a continuación:

$$IO_t = P_t * (C_t)$$

Donde:

$IO_t$  = Ingreso Operacional

$P_t$  = Precio del bien en el año  $t$

$C_t$  = Cantidad del bien en el año  $t$

$$EBITDA = IO_t - CO_t$$

donde:

$EBITDA$  = Utilidad antes de impuestos

$CO_t$  = Costos operacionales

La utilidad operacional después de impuestos del periodo  $NOPAT_t$ , se representa mediante la siguiente expresión:

$$NOPAT_t = EBIT_t * (1 - T)$$

donde:

$EBIT$  =  $EBITDA - Depreciación$

$T$  = Tasa de impuesto a la renta

$$Flujo\ de\ caja\ de\ operación_t(FCO_t) = NOPAT + Depreciación$$

El Flujo de Caja Libre (FCLt), se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$FCL_t = FCO_t - Inversiones$$

$r$ = tasa de descuento

Tabla 1 Modelo de Flujo de Caja libre

+	Ingresos operacionales (afectos de impuestos)
-	Egresos operacionales (afectos de impuestos)
-	Depreciación
=	<b>Utilidad antes de impuestos (EBITDA)</b>
-	Impuesto
=	<b>Utilidad después de impuestos (NOPAT)</b>
+	Depreciación
=	<b>Flujo de caja operacional (FCO)</b>
-	Egresos no afectos de impuestos (Inversiones)
+	Beneficios no afectos de impuestos
=	<b>Flujo de caja Libre (FCL)</b>

#### Algunas consideraciones

- Distinción entre periodo y momento: El periodo es el lapso transcurrido entre un momento inicial y final.
- Convenciones acerca de cuándo se reciben los ingresos, costos e inversiones: Las inversiones se realizan en el momento cero, y los costos y beneficios se asignan en el momento final de cada período.
- Se utiliza la contabilidad de caja y no la de causación

- La depreciación no se considera en los flujos de efectivo aunque si se debe determinar su influencia sobre los desembolsos de efectivo para el pago de impuestos sobre la renta.
- Existen dos formas de proyectar los costos y beneficios:
  1. proyectar los costos y beneficios en moneda constante de un año (normalmente, el año base). Esto significa que no se toma en cuenta la inflación.
  2. proyectar los costos y beneficios incluyendo la inflación.
- Tasa de descuento. Según Roura & Cepeda (1999), en proyectos agropecuarios la forma más recomendable de establecer esta tasa es utilizando la rentabilidad histórica o esperada de proyectos similares (ganadería), que incluye un riesgo similar. La cual permanecerá constante durante el periodo de evaluación de las pasturas.

## **2.5. Definición y cálculo de criterios de rentabilidad**

Los criterios de rentabilidad son herramientas que permiten obtener una medida objetiva de la viabilidad económica de un proyecto y por consiguiente establecer su conveniencia y un ordenamiento respecto de los diferentes proyectos alternativos.

1. Periodo de repago
2. Valor Presente Neto-VPN
3. Tasa Interna de Retorno-TIR

Criterio	Fórmula matemática	Interpretación Matemática	Criterio de decisión	Interpretación
Periodo de repago		Suma simple de todos los flujos de fondos del proyecto; esto es, se suman los beneficios o costos netos a medida que se van produciendo, y hasta que se cubra la inversión inicial.	Tiempo que se tarda en recuperar la inversión	
Valor Presente Neto-VPN	$VPN = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+r)^t}$ <p>Donde,</p> <p>FC: Flujo de beneficios (o costos) netos para el período t</p> <p>r: La tasa de descuento pertinente</p> <p>t: El horizonte del proyecto</p>	Suma actualizada (tasa r) al presente (momento cero) de todos los beneficios, costos e inversiones del proyecto de cada periodo.	<p>⇒ VPN&gt;0, se acepta</p> <p>⇒ VPN&lt;0 se rechaza</p> <p>⇒ si el VPN = 0 indiferente</p>	Si este indicador presenta un valor mayor a cero, significa que el dinero al compararlo en el momento cero, no perdió valor en el tiempo, rindió la rentabilidad exigida (costo de oportunidad) y además genero un valor adicional (riqueza adicional).
Tasa Interna de Retorno-TIR	$\sum_{n=0}^t \frac{FC_n}{(1+r^n)^n} = 0$	El la tasa de descuento con la cual el VPN es cero. Es decir es la máxima tasa de descuento que acepta el proyecto	<p>⇒ TIR &gt; r, Se acepta</p> <p>⇒ si la TIR &lt; r, Se rechaza</p> <p>⇒ si la TIR = r, indiferentes</p>	Representa la tasa interna de rentabilidad máxima generada por el proyecto.
Relación Beneficio/Costo	$B/C = \frac{\sum_{n=0}^t \frac{B_t}{(1+r)^n}}{\sum_{n=0}^t \frac{C_t}{(1+r)^n}}$	Cociente del valor presente de los ingresos y los egresos obtenidos a partir	<p>⇒ B/C &gt;1, Se acepta</p> <p>⇒ B/C &lt;1</p>	Establece cuántos pesos se obtienen de beneficios en valor presente, por cada peso de los costos también

		de la tasa de oportunidad seleccionada	Se rechaza $\Rightarrow B/C = 1$ indiferentes	en valor presente, descontando en ambos casos la tasa de oportunidad del inversionista
--	--	-------------------------------------------	-----------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------



## **Recomendaciones sobre el uso de los indicadores**

- El valor actual es un método de análisis de equivalencia en el que los flujos de efectivo de un proyecto son descontados a un solo valor actual. Es quizás el método de análisis más eficiente que podemos utilizar para determinar la aceptabilidad de un proyecto sobre una base económica.
- Se recomienda utilizar el VAN como criterio de selección de proyectos, y calcular la TIR a efectos de tener otro indicador (también muy utilizado), el cual ofrece información adicional, pero es menos seguro.
- El periodo de repago debe ser usado solo de manera informativa.

### **2.6. Análisis de sensibilidad y de escenarios**

El análisis de sensibilidad y escenarios son los principales enfoques para incorporar el riesgo y la incertidumbre a la evaluación de proyectos de inversión. A continuación se presenta cada uno por separado.

- Análisis de sensibilidad

Esta técnica indica que proporción de los indicadores de rentabilidad cambiarán en respuesta a un cambio dado en una variable del análisis, manteniendo las demás constantes.

Se parte de un caso base, utilizando los valores esperados o medios de todas las variables. Después se determinan las variables más significativas que afectan los indicadores de conveniencia del proyecto, entre ellos: precio de venta, precios de insumos, costos de producción, volúmenes de producción, coeficientes tecnológicos e inversión. A continuación se busca sensibilizar los indicadores ante variaciones en las variables significativas más inciertas, mediante un cambio a la vez (p. e. -10%, - 20%, +10%, +20%), procediéndose a recalcular los indicadores. Los cambios se pueden realizar una variable a la vez (análisis unidimensional) o con diferentes variables a la vez (análisis multidimensional). Para determinar los porcentajes de cambios de las variables es clave un análisis histórico de la evolución de las variables (valores máximos y mínimos) y la consulta de especialistas en el sector.

Finalmente se grafican los indicadores contra la variable que fue cambiada. Las pendientes de las líneas del gráfico indican cuán sensible es el proyecto a cada una de las variables. Si por ejemplo, el VAN cambia de signo ante cambios moderados en alguna de las variables, esto indica que el proyecto es muy riesgoso.

La principal virtud del análisis de sensibilidad radica en que permite al analista identificar las variables relevantes del proyecto, y saber dentro de qué rangos éstas pueden moverse sin afectar la viabilidad del proyecto. El análisis de sensibilidad es un método muy práctico, y de bajo costo, para analizar el riesgo, que otorga una gran visibilidad acerca de las variables del proyecto que requieren un análisis y seguimiento más detenido.

- **Análisis de escenarios**

El análisis de escenarios puede ser entendido como una variedad del estudio de sensibilización multidimensional. Para aplicar esta técnica deben estimarse las variables clave bajo diferentes escenarios, habitualmente se definen 3 escenarios: optimista, medio (también llamado escenario base o neutro) y pesimista. Luego deben compararse los resultados bajo los escenarios “Pesimista” y “Optimista”, con el escenario “Base”. Los resultados obtenidos del análisis de escenarios nos permiten saber cómo se desempeñaría nuestro proyecto en condiciones muy diferentes a las planeadas.

No obstante, el problema de las técnicas tradicionales para incorporar el riesgo hasta aquí presentadas se relaciona con la poca dinámica que ofrecen, en la medida en que no son eficientes para medir los resultados a la luz de múltiples escenarios

## **2.7. Análisis de riesgo e incertidumbre**

En proyectos de desarrollo rural, el diseño y análisis involucra tener en cuenta una gran cantidad de factores (como rendimiento esperado de los cultivos, cantidad de lluvias, precios, etc) los cuales requieren la aplicación de supuestos sobre los valores más probables que puedan tomar dichas variables. Sin embargo, a pesar de una buena estimación de los anteriores factores, esta no necesariamente será la correcta. Según Roura & Cepeda (1999) lo anterior se debe a las siguientes dos razones: la primera es que los factores conocidos pueden actuar de manera diferente a la esperada, lo cual puede deberse a una sobrestimación de factores positivos o negativos, deficiencias en los datos, etc; y segundo, no todos los factores importantes fueron detectados, factores desconocidos que pueden llevar a diferencias en los valores planeados (por ejemplo factores climáticos). Por ende, este tipo de proyectos, se caracterizan por el gran nivel de incertidumbre y riesgo respecto a los valores esperados.

(Hampton, 1982)(Hampton, 1982) define el riesgo como: "la posibilidad de que el retorno real de una inversión sea menor que el retorno esperado" (p. 104). Por ello, el riesgo se asocia a la variabilidad de los flujos de beneficios y costos del proyecto, y por tanto de

los rendimientos (por ejemplo de un cultivo, una cosecha, etc. ) (Roura & Cepeda, 1999). A medida que aumenta la variabilidad el grado de riesgo aumenta, lo cual se ve reflejado en la aleatoriedad de las principales variables proyecto, de manera tal, que cada acción tiene un conjunto de resultados posibles estimados en función de su probabilidad de ocurrencia (Roura & Cepeda, 1999). Por otro lado, la incertidumbre se puede definir como la falta de conocimiento acerca del valor de un parámetro, o de los factores que determinan el comportamiento de un proceso (Ordoñez, 2015). Por lo cual no es posible calcular la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno. Se identifican fuentes básicas de Incertidumbre la información incompleta inexacta, sesgada, falsa o contradictoria.

Los factores de riesgo e incertidumbre se ven reflejados en la aleatoriedad de los flujos de cada periodo, y como los indicadores de evaluación de proyectos, por ejemplo el VPN y la TIR, se calculan a partir de estos flujos, entonces estos indicadores serán también variables aleatorias. Por tanto, en el modelo de FC construido con los valores esperados y con los cuales se obtienen los indicadores de rentabilidad tradicionales no es suficiente, ya que bajo incertidumbre este indicador es una variable aleatoria.

Como se mencionó anteriormente, se usará un modelo de flujo de caja libre descontado, construido con base en los ingresos, costos e inversiones de las alternativas tecnológicas a evaluar. El modelo se tendrá que desarrollar en un software de simulación (p.e. @Risk – Decision Tools Suite de Paladise, Crystal Ball de Decisioneering.com), con el fin de considerar diferentes escenarios, que permiten introducir niveles de incertidumbre en las variables de entrada consideradas como críticas. Para la construcción del modelo es necesario definir las siguientes tres características fundamentales:

#### Paso 1. Definir Conjunto de variables de entrada

Estas variables se dividen en: entradas conocidas (parámetros) y variables inciertas (sujetas a riesgo e incertidumbre). Los parámetros del modelo son aquellos definidos cuyo comportamiento se asume principalmente determinístico, como por ejemplo: costos de sanidad y suplementación animal, mantenimiento de cercas, tasa de descuento.

El segundo conjunto hace parte de las variables inciertas, las cuales van a ser consideradas teniendo en cuenta el factor de riesgo derivado de su comportamiento estocástico. Las siguientes variables se consideraron dentro de este conjunto: costos de inversión, mantenimiento y renovación de pasturas, el precio del kg de carne y la productividad animal.

Respecto a los costos de establecimiento, mantenimiento y renovación, son definidas como variables inciertas, debido a que el valor puede variar significativamente dependiendo del lugar específico donde se vaya a realizar el establecimiento. Por

ejemplo, la cantidad de labranza y nivel de fertilización adecuados está determinado por la estructura, textura, contenido de minerales del suelo, además, de otras características como: antecedentes del potrero y el régimen de lluvias de la región (Franco, Calero, & Durán, 2007). Características que varían de un lugar a otro, y solo se determina por un análisis de suelos del sitio en particular.

La variable de producción animal asociada a una pastura se expresa con el indicador de productividad animal (kilogramos anuales producidos por unidad de área), es resultado de la ganancia de cada animal multiplicado por la capacidad de carga. Esta variable depende principalmente de la cantidad de nutrientes digeribles ingeridos por el animal, que a su vez es el producto de la calidad de la dieta seleccionada (Contenido de proteína cruda (PC), energía digerible, minerales etc.) y la cantidad de materia seca (MS) consumida (Pardo, Rincón, & Dieter, 1999). Existen otros factores que afectan la productividad de las pasturas y por tanto la producción animal, estas están relacionadas con el manejo de la pradera (en términos de fertilización y pastoreo) y de las condiciones edafo-climáticas (principalmente tipo de suelo y precipitación)(Pardo & Rincon, 1999). Debido a la gran cantidad de factores interactuantes que afectan esta variable, esta podría tomar valores dentro de un amplio rango y por tanto se clasifica dentro de las variables inciertas del modelo.

Para las variables definidas como críticas o sujetas a riesgo es necesario definir una función de distribución de probabilidad, las cuales se pueden definir mediante una modelación de la información histórica de la variable o según consulta a expertos.

## Paso 2. Definir variables de salida

Estas variables se refieren a los criterios de decisión que se utilizarán para definir la conveniencia económica de las alternativas a evaluar. En este caso se usarán los indicadores: VPN y TIR. Además, se incluyen los indicadores de resumen: probabilidad de que el VPN sea menor a cero y el valor medio del VPN.

## Paso 3. Simulación

Se definen la cantidad de escenarios donde se evaluara el modelo. Resultado de la simulación se pueden obtener indicadores sujetos a una probabilidad de ocurrencia.

### 2.8. Selección y/o recomendación

Con la anterior información se puede evaluar la tecnología respecto al escenario base desde un punto de vista económico y financiero, y de esta forma seleccionar la mejor alternativa a nivel de productor primario.

### 3. Conclusiones

- El análisis económico de las tecnologías forrajeras es un elemento clave en el proceso de selección de germoplasma, así como una herramienta que provee criterios más sólidos a productores y a decisores sobre la factibilidad de invertir en estas tecnologías. Por tanto, la evaluación económica debe hacer parte del proceso de investigación, desde la identificación del problema, obtención de resultados a nivel experimental hasta su validación en campo.
- La incorporación de técnicas de simulación permiten refinar el análisis y las conclusiones derivadas del análisis de decisiones en proyectos de inversión.
- El análisis económico a nivel privado es el primer paso para evaluar una tecnología, no obstante, es necesario además realizar una evaluación desde la óptica social, donde se incorporen los costos y beneficios sociales como los impactos positivos al medio ambiente.

### 4. Bibliografía citada

- Bacab H M, Madera N B, Solorio F J, Vera F, & Marrufo D F. 2013. Los sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala*: una opción para la ganadería tropical (The intensive silvopastoral systems with *Leucaena leucocephala*: tropical livestock option). *Avances En Investigación Agropecuaria*, 17(3), 67–81. Retrieved from <http://www.ucol.mx/revaia/portal/pdf/2013/sept/5.pdf>
- FEDEGAN. 2014. Plan de desarrollo Ganadero 2014-2019. Bogotá D.C.
- Franco L, Calero D, & Durán C. 2007. Manual de Establecimiento de Pasturas. Proyecto: Evaluación de tecnologías por métodos participativos para la implementación de sistemas ganaderos sostenibles en el norte del departamento del Valle del Cauca. Palmira, Valle del Cauca, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Universidad Nacional de Colombia-sede Palmira.
- Gerber P J, Steinfeld H, Henderson B, Mottet A, Opio C, Dijkman J, ... Tempio G. 2013. Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería. Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación. Roma: Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO).

- Gutiérrez M. 1996. Pastos y Forrajes en Guatemala su manejo y utilización, base de la producción animal.
- Hampton J. 1982. Modern Financial Theory: Perfect and Imperfect markets (Reston Pub). Virginia, USA.
- Holmann F, Argel P, & Pérez E. 2008. Beneficios de la adopción de Pasturas Mejoradas en Fincas de Pequeños Productores en Centroamérica. Análisis Expost (No. 208). Cali, Colombia.
- Holmann F., & Estrada R. 1997. Alternativas Agropecuarias en la Región Pacífico Central de Costa Rica: Un modelo de Simulación Aplicable a Sistemas de Doble Propósito. En C. Lascano & F. Holmann (Eds.), Conceptos y Metodologías de Investigación en Fincas con Sistemas de Producción Animal de Doble Propósito (pp. 134–150). Cali, Colombia.
- Ibrahim M. 2006. Medición de composición botánica de pastos en silvopastoril.
- Jones R. 1986. Persistencia de las especies forrajeras bajo pastoreo. Lascano & Pizarro (Eds.), Evaluación de pasturas con animales - Alternativas metodológicas. Memorias de una reunión de trabajo celebrada en Perú 1-5 de octubre, 1984 (pp. 167–199). Cali, Colombia: Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT).
- Lemus de Jesus G. 2008. Análisis de productividad de pasturas en sistemas silvopastoriles en fincas ganaderas de doble propósito en Esparza, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Manotas Duque D F. 2013. Análisis de riesgo en evaluación de proyectos: aplicando técnicas de simulación. *Heurística*, 13, 15–25.
- Ojeda P A, Restrepo J M, Villada D, & Cesáreo J. 2003. Sistemas Silvopastoriles, Una opción para el manejo sustentable de la Ganadería. Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia.
- Ordoñez J. 2015. Evaluación de Riesgos y Análisis de decisión utilizando @Risk y el DesicionTools Suite.



Pardo O, Rincón A, & Dieter H. 1999. Alternativas forrajeras para los Llanos Orientales de Colombia (No. Boletín Técnico N. 18). Villavicencio, Meta, Colombia.

Peters M, Rao I, Fisher M, Subbarao G, Martens S, Herrero M, ... Hyman G. 2012. Tropical Forage-based Systems to Mitigate Greenhouse Gas Emissions. In Eco-Efficiency: From Vision to Reality (p. 20). Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

Rincón A, Bueno G A, Álvarez M, Pardo O, Pérez O, & Caicedo S. 2010. Establecimiento, manejo y utilización de recursos forrajeros en sistemas ganaderos de suelos ácidos. (Á. Rincón & C. A. Jaramillo, Eds.). Villavicencio, Meta, Colombia: Corpoica.

Roura H, & Cepeda H. 1999. Manual de identificación, formulación y evaluación de proyectos de desarrollo rural. Santiago de Chile: Naciones Unidas.